



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

ULB

Neue Verfahren zur Klärung von Problemen der Tiefdruckfarbentrocknung und der Raumluftlösungsmittelkonzentration

Eschenbach, Wolfram

(1961)

DOI (TUprints): <https://doi.org/10.25534/tuprints-00013996>

License:



CC-BY 4.0 International - Creative Commons, Attribution

Publication type: Report

Division: 16 Department of Mechanical Engineering

Original source: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/13996>

NEUE VERFAHREN ZUR KLÄRUNG VON PROBLEMEN DER
TIEFDRUCKFARBENTROCKNUNG UND DER
RAUMLUFTLÖSUNGSMITTELKONZENTRATION

Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren
der Technischen Hochschule Darmstadt

Dezember 1961

Vortrag von Wolfram Eschenbach

Neue Verfahren zur Klärung von Problemen der Tiefdruck- farbentrocknung und der Raumlüftlösungsmittelkonzentration

Die Trocknung der Druckfarben (I) sowie die Verunreinigung der Raumlüft (II) durch deren Lösungsmittel gehören zu der erheblichen Reihe von Problemen, mit der sich die moderne Tiefdruckpraxis zu beschäftigen hat. Hiermit sei ein Beitrag zur Lösung von Aufgaben gegeben, die in dieses Gebiet fallen.

I. Problem der Farbtrocknung und durchgeführte neuartige Untersuchungen

Druckqualität und Arbeitstempo hängen namentlich im Mehrfarbendruck stark vom Verlauf der Trocknung ab. Die optimale Konstruktion der Trocknungsanlagen für Tiefdruckwerke, von der die Güte der Verdunstung abhängt, setzt eine genaue Kenntnis des Trockenprozesses voraus. Dadurch erhält der Maschinenbauer die Richtlinien für die Art der Führung des Papiers, der Trockenluft, der Wärmezufuhr, der Abkapselung, usw.

Das IDDD (Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren Darmstadt) hat sich u.a. der Aufgabe unterzogen den Trocknungsverlauf in einem handelsüblichen Tiefdruckwerk während des Laufes zu untersuchen. Man war in erster Linie bestrebt Einblick in die Verdunstungsgeschwindigkeit der Lösungsmittel und deren räumliche Verteilung im Trocknungssystem zu gewinnen. Für den Illustrationsdruck werden heute allgemein an aromatischen Kohlenwasserstoffen Toluol und Xylol und an aliphatischen Benzine als Verdunstungsmittel verwendet; denn sie sind praktisch wasserfrei, geben keine Veranlassung zur Korrosion und haben auch bei geringer Konzentration noch eine erhebliche Adsorptionsneigung. Für die Versuche wurden Toluolfarben benutzt.

Das adsorptiv an die Feststoffe (Pigmente und Harze) gebundene Lösungsmittel verdunstet durch Übertritt seiner Moleküle aus der Farbschicht in die Luft, sobald es mit dieser in Kontakt gelangt. Unerwünscht ist dies solange sich die Farbe noch in der Farbwanne und auf dem eingefärbten Zylinder befindet, erstrebt aber in der Trockenanlage und weiterhin noch auf dem ablaufenden Papierstrang.

In der Praxis sind dem Farbwerk zuweilen Einrichtungen zur Viskositätsregelung vorgeschaltet, denn bei gegebener Druckfarbe verändern Lösungsmittelanteil und Temperatur die Viskosität und damit den Farbton. Nachgeschaltete Farbdichte-Regelgeräte überwachen die Gleichmässigkeit der Farbschichten.

Die Verdunstungszeit lässt sich r e c h n e r i s c h kaum exakt ermitteln. Für die Verdunstungsintensität gilt die allgemeine Gleichung $J = \frac{\alpha}{r} (t_2 - t_{fe})$.¹⁾ Bei vorliegender Luftheizung trocknet die Farbschicht von oben her und bildet in der Regel rasch eine verdunstungshemmende Haut (Skin-Effekt). Eine vollständige Durchtrocknung ist in der Maschine in der Regel nicht möglich, da einerseits gewisse Mengen von Lösungsmitteln in den Papierkapillaren adsorptiv haften und andererseits gewisse Reste mit fortschreitender Filmbildung im Farbkörper verbleiben werden. Die Hautbildung erschwert den Diffusionsvorgang. Die Dauer des Verdunstungsprozesses hängt namentlich ab von der Beschaffenheit und der Menge der vorhandenen Druckfarbe (Ätztiefe und Druckmotiv), von der Papierart, der Temperatur, Geschwindigkeit und Richtung des Trocknungsluftstromes, der Stoffübergangszahl u.a. BELOSERKIJ²⁾ stellt für den Ver-

¹⁾ α = Wärmeübertragungskoeffizient; r = latente Verdampfungswärme des Lösungsmittels
 t_2 = Lufttemperatur; t_{fe} = Oberflächentemperatur der verdampften Flüssigkeit

²⁾ A.A. Tjurin "Die Rotationsmaschine" Bd.IV, S.331 u.f.
Moskau 1954, Ißkusstwo

verdunstungsprozess die Grundgleichung auf $\frac{dB}{dt} = -j (B+a)$,
woraus sich die Gleichung für die Verdunstungsdauer ergibt: $T_0 = \frac{1}{j} \ln \left(\frac{B_A}{a} + 1 \right)$.

Die Ermittlung der charakteristischen Konstanten j und a ist sehr schwierig. Sie hängen von vielen Faktoren ab, beispielsweise vom Dampfdruck, der Raumtemperatur und Art der Wärmezufuhr, von der Wärmeleitfähigkeit der Farbschicht, der spez. Wärme und Verdampfungsenthalpie des Lösungsmittels, der Oberflächenspannung und Molekularassoziation in der Farbe, dem Molekulargewicht des Lösungsmittels, der Harz- und Pigmentkonzentration, der Luftfeuchtigkeit, dem aerodynamischen Zustand über der Trockenschicht, der Farbviskosität und Filmstärke, sowie von den Eigenschaften der Pigmente und Bindemittel.

Die erforderliche Erhöhung des Flüssigkeitsdampfdruckes wird in der Praxis durch Wärmezufuhr erreicht, und zwar durch Anwendung des Konvektions- oder des Kontakt- oder des Strahlungs-Trocknungsverfahrens bzw. durch Kombination dieser. Die Trocknungseinrichtung, die einen optimalen Verdunstungsprozess ermöglicht, soll die flüssigen Lösungsmittel möglichst rasch in den gasförmigen Zustand transferieren und die Dämpfe schnell wegtransportieren. Der Trockenprozess soll den Wassergehalt des Papiers im Interesse der Dimensionsstabilität möglichst unverändert lassen; die Klimaänderung durch die homogen zu verteilende Warmluftheizung darf keinesfalls zu schroff sein, auch soll der Trocknungsweg im Hinblick auf die Maschinenlänge möglichst kurz bemessen werden. Die Verweilzeit im Trockenwerk beträgt in der Praxis nur Zehntel von Sekunden. Erwähnt sei noch, daß durch diese Verdunstungskühlung immer etwas Kondensat entsteht und daß der Wärmeaustausch mit der Luftgeschwindigkeit ansteigt. Der restlose Abtransport der Lösungsmittel durch die nach Geschwindigkeit und Feuchtigkeitsgehalt regulierbare Lüftbewegung bedingt größtmögliche Abkapselung.

Einige Großdruckereien für den Druck von Illustrierten verwenden im Interesse einer raschen Trocknung bekanntlich ein Gemisch von Toluol und Benzin, unter Beschränkung auf Trocknungsluft bei Raumtemperatur (sog. "Kaltluft-Trocknung"). Dabei wird die Gefahr von Papierdeformationen stark ferngehalten.

Über die Vor- und Nachteile dieser sog. Kaltluft-Trocknung wurde bereits vor über 20 Jahren ausgiebig diskutiert (z.B. Fuyker's Kaltluft-Trocknung).

Verdunstungsgeschwindigkeiten werden in der Praxis bereits durch verschiedene Verfahren apparativ gemessen; z.B. nach WALDSCHMIDT, WARBURG und MAN.

Das IDDD benutzte zur quantitativen Messung der Lösungs-~~mittelverdunstung~~ in Trockenanlagen erstmalig gaschromatographische Untersuchungsmethoden. In einem Vorversuch wurde zunächst eine Reihe von Verdunstungskurven dadurch erarbeitet, daß man ein Luft-Lösungsmittelgemisch von der Oberfläche einer bedruckten stillstehenden Papierbahn in ein Wendel-Speicher-System leitete und anschließend zur qualitativen und quantitativen Untersuchung in einem Perkin-Elmer-Gaschromatographen. Er dient zur Trennung von Mischungen chemischer Substanzen, die sich bei Erwärmung bis zu 250°C in gasförmigen Zustand überführen lassen.

In der Erkenntnis, daß sich der Lösungsmittelgehalt in der Trockenkammerluft reziprok zum Lösungsmittelgehalt im bedruckten Papier verhält, wurden sodann Meßmethoden entwickelt, um einerseits die augenblickliche Konzentration in der Trockenkammer unter verschiedenen Trocknungsbedingungen (Arbeitsbedingungen und baulichen Verhältnissen) festzustellen, andererseits den Trocknungsverlauf in der Farbschicht des laufenden Papierstranges durch Bestimmung der Menge des Restlösungsmittels in der Farbschicht zu ermitteln. Erstere Messungen wurden unter Einsatz eines Hydrocarbon-Detectors (Perkin-Elmer Mod.213) durchgeführt,

ein nach dem Prinzip der Flammenionisation arbeitendes Gerät. Dabei wird die zur Ionisation des zu prüfenden Kohlenwasserstoffgases erforderliche Flamme durch Wasserstoff erzeugt. Die im Trockenschrank sich einstellenden Konzentrationen sind gleich der Summe aus den Lösungsmittelgehalten (infolge des Partialdruckes und der Temperatur) minus der Konzentrationserniedrigung infolge der durch Frischluftzufuhr verursachten Verdünnung der Trockenluft. Der Trocknungsvorgang ist umso intensiver, je höher die Lösungsmittelkonzentration in der Trockenanlage und je niedriger der Gehalt an Lösungsmitteln im ablaufenden Papierstrang ist. Bei konstanter Maschinengeschwindigkeit ist der Trocknungsgrad umgekehrt proportional der Lösungsmittelkonzentration. Es gilt die Substanzgleichung: $\text{Einsatz} = \text{Lösungsmittelgehalt der Trockenluft} + \text{Restlösungsmittelgehalt} + \text{Leckverluste in der Trockenkammer}$.

Die Feststellung der Menge des Restlösungsmittels in der Farbschicht des laufenden Papierstranges erfolgte durch Einsatz einer Methode der Lösungsmittelisolierung aus Druckfarbenschichten. Nach Kochung des bedruckten Papiers in einer Extraktionsflüssigkeit (Natronlauge) und anschließender Abdestillierung des Trägerlösungsmittels (o-Xylol) mit dem Restlösungsmittel Toluol wurden mittels des Gaschromatographen die Mengen des Restlösungsmittels bestimmt.

Das Restlösungsmittel wurde in mg/m^2 bedruckten Papiers jeweils für verschiedene Trocknungsbedingungen bei Erreichung eines konstanten Zustandes ermittelt. Durch die Anwendung obiger Verfahren wurden Einflüsse der Düsenheizung und Trommelheizung, sowie der Maschinengeschwindigkeit auf den Trocknungsvorgang bei verschiedenen Abluftverhältnissen untersucht. Der Quotient aus Papierweg und Bahngeschwindigkeit ergibt die augenblickliche effektive Trockenzeit.

Die Bilder 1 bis 9 zeigen das Versuchsdruckwerk (1), das Fraktometer (2), den Hydrocarbon-Detector (3), dessen Ionisationskammer (4), die Apparatur zur Lösungsmittelisolierung (5), die Konzentration als Funktion der Düsenlufttemperatur bzw. der Trommeltemperatur (6a, 6b), die Konzentration und Oberflächentemperatur in Abhängigkeit von Druckgeschwindigkeit (7a, 7b), den gesamten Trocknungsverlauf (8) und ein Schema der Verdampfungsgeschwindigkeit nach Krischer (9).

II. Problem der Raumlufthuntersuchung und durchgeführte neuartige Messungen

Trotz bester Maschinenabsaugung für die Lösungsmittel-Wiedergewinnungsanlagen wird die Raumlüft in Druckereien mit Lösungsmitteln mehr oder weniger durchsetzt, und zwar von Dämpfen, die im Farbwannenbereich, aus den Trockenwerken und auf der frischbedruckten Papierbahn nach dem Druckprozess laufend entstehen. Damit wird die Gefahr einer Explosion geschaffen, ferner wird neben einer Geruchsbelästigung durch toxische Effekte eine Gefährdung der Gesundheit des Personals hervorgerufen. Daher sind moderne Druckereien von vornherein bestrebt durch optimale Be- und Entlüftungseinrichtungen der Maschinenräume den Lösungsmitteldampfgehalt in den Arbeitsräumen auf einem Minimum zu halten.

Um eine zweckmäßige Raumentlüftung, namentlich an den Entstehungsquellen, durchführen zu können, ist es erforderlich, in erster Linie dort die Konzentrationsschwerpunkte festzustellen. Der Einsatz des Hydrocarbon-Detectors 213 liefert nach den Erfahrungen des IDDD für diese Zwecke eine gute meßtechnische Grundlage. Im Hinblick auf den Explosionsschutz ist die Untersuchung der Konzentrationsverteilung zwischen den Druckwerken von besonderem Interesse.

Die Vorschriften der einzelnen Länder für den Explosionschutz von Tiefdruckmaschinen richten sich nach den Explosionsgrenzen der vorliegenden Luftmischungen (z.B. Reintoluol, 1,27 Vol.-% untere und ca. 8 Vol.-% obere Grenze entsprechend $28,2 \text{ g/m}^3$ und $305,6 \text{ g/m}^3$ bei 20°C). So müssen in Deutschland innerhalb einer Sicherheitszone von 1 m (Farbwerksabstand) ausschliesslich explosionsgeschützte elektrische Anlagen eingebaut werden.

Um die physiologische Wirkung der Lösungsmitteldämpfe unter Kontrolle zu halten, hat die Arbeitsmedizin den Begriff "Maximale Arbeitsplatzkonzentration" (MAK) eingeführt. Bei Einhaltung dieser Werte treten auch bei jahrelanger 8-stündiger Tätigkeit keine nachweisbaren Gesundheitsschädigungen ein. (Toluol und Xylol 200 p.p.m.; Benzol 35 p.p.m.; Benzin 500 p.p.m.)

Die unter Einsatz des Detectors 213 durchgeführten zahlreichen Messungen wurden an laufenden Produktionsmaschinen vorgenommen. Es waren dabei u.a. zu berücksichtigen die Art der Lösungsmittel, das System der Absaugevorrichtungen, die Maschinengeschwindigkeit usw., ferner der Luftdruck, die rel. Luftfeuchtigkeit, Temperatur- und weitere klimatische Bedingungen. Gemessen wurde in 3 Höhenschichten (0,1 m; 1,5 m und 2,5 m vom Boden) bei jeweils fixiertem Standort, so daß man auch Senkrechtschnittbilder über die Raumluftverteilungen erhielt. Erwartungsgemäß wurde senkrecht über den Farbwanen jeweils die stärkste Lösungsmittelkonzentration festgestellt. Bilder 10 mit 11 a bis c zeigen derartige Konzentrationsverteilungen in einem Maschinensaal, dessen bauliche Gestaltung noch nicht modernisiert wurde.

Die zulässigen MAK Werte sind, wie aus den Kurven ersichtlich, in solch älteren Anlagen beträchtlich überschritten worden. Modern geplante Tiefdruckereien zeigen dagegen weit günstigere Lösungsmittelkonzentrationen der Arbeitsraumluft.

III. Beurteilung der Untersuchungsergebnisse

Die im ersten Teil erwähnten Versuchsergebnisse mögen dazu beitragen einen exakten Einblick in den maschinellen Trocknungsverlauf zu bringen. Je mehr man derartige Erkenntnisse gewinnt, umso leichter kann man die Arbeitsprozesse beim Tiefdruck kontrollieren.

Was die Feststellung der Konzentrationen in Trockenwerken anbelangt, so ist man sich im IDDD in Anbetracht der relativ kurzen Versuchsdauer und der knappen Arbeitskapazität darüber klar, daß die geschilderten Verfahren noch mit gewissen Mängeln und störenden Einflüssen behaftet sind. Die Kurven zeigen jedoch deutlich gewisse Tendenzen. Sie sind vorläufig nur als orientierende aufschlußreiche Versuche zu werten. Eine erhebliche Reihe von Untersuchungen wäre noch anzustellen, insbesondere hinsichtlich der auftretenden Leckverluste, der Verhinderung des Eindringens Lösungsmittelbeladener Raumluft in die Trockenkammer und der Meßwertstreuungen bei der Probeentnahme vom bedruckten Papierstrang. Trotz einzelner noch bestehender Diskrepanzen dürften die eingeschlagenen Wege auch in dieser Richtung vielversprechend sein.

Hinsichtlich des Hydrocarbon-Detectors sei bemerkt, daß dieser mit Rücksicht auf die notwendige Konstanz seiner Anzeige (Batteriespeisung) regelmäßig mittels des Fraktometers nachgeeicht werden muß. Die Feststellung der Lösungsmittelkonzentration in der Raumluft von Arbeitsräumen hat sich seit längerer Zeit als durchaus zuverlässig bewährt, ebenso die gaschromatographische Untersuchung von Lösungsmitteln für Tiefdruckfarben.



Bild 2 Fractometer Perkin Elmer

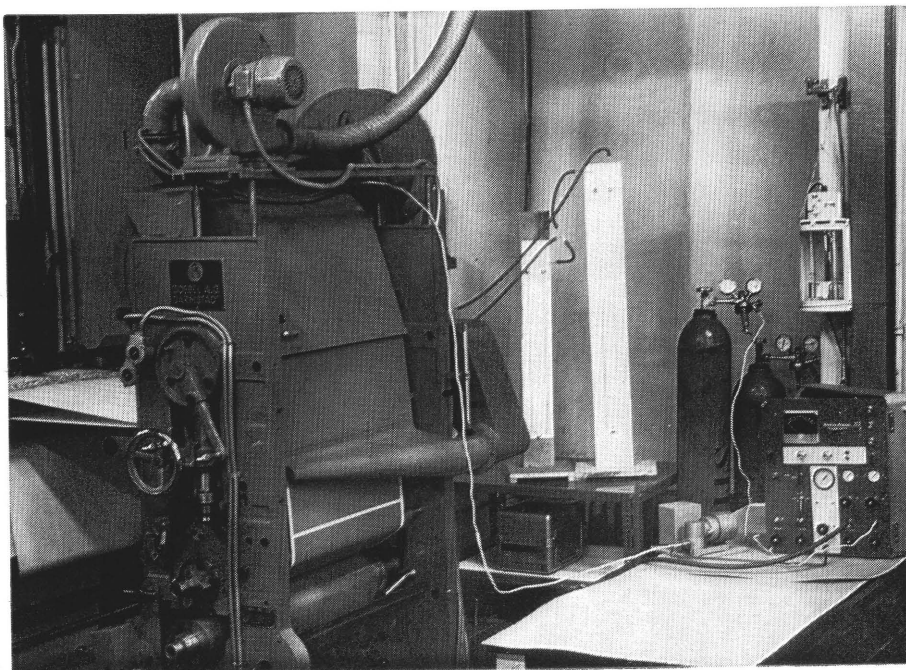


Bild 3 Hydrocarbon Detector 213

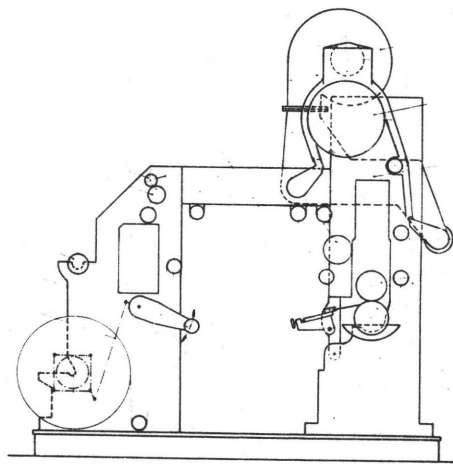
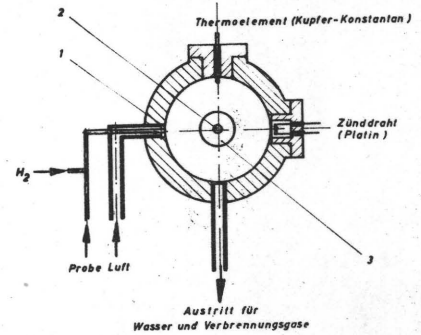


Bild 1

- 1 Eintrittsdüse
- 2 Elektrode
- 3 Isolierung (Teflon)



Schematischer Aufbau der Ionisationskammer

Bild 4

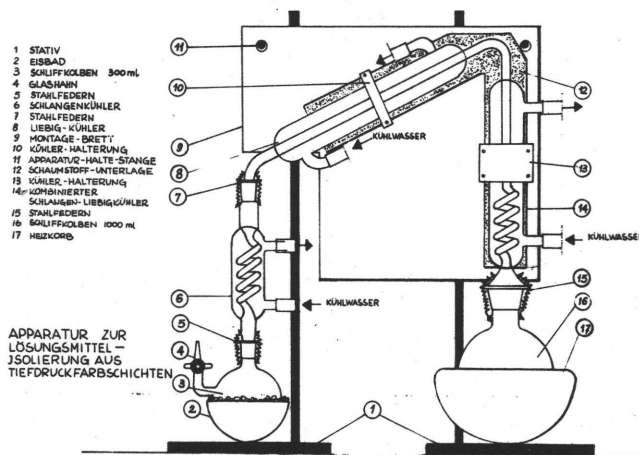


Bild 5

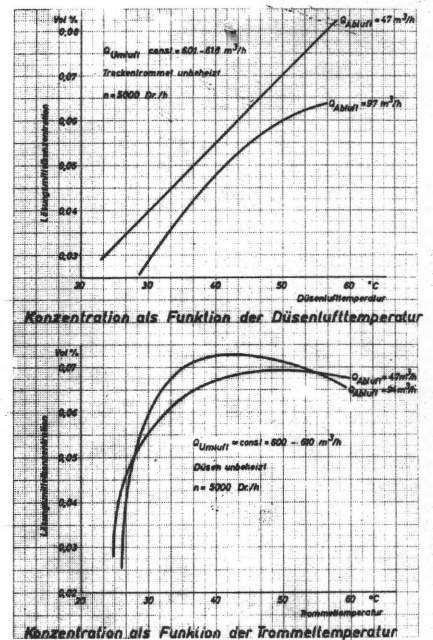


Bild 6a und 6b

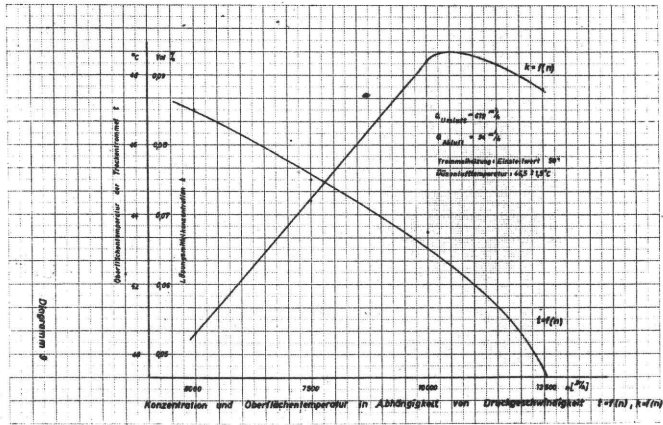


Bild 7 b

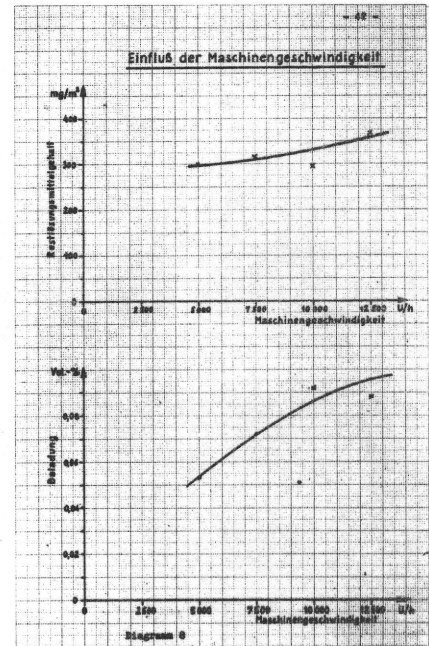


Bild 7 a

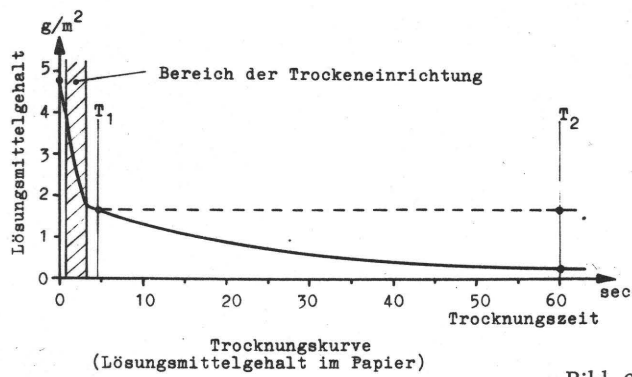


Bild 8

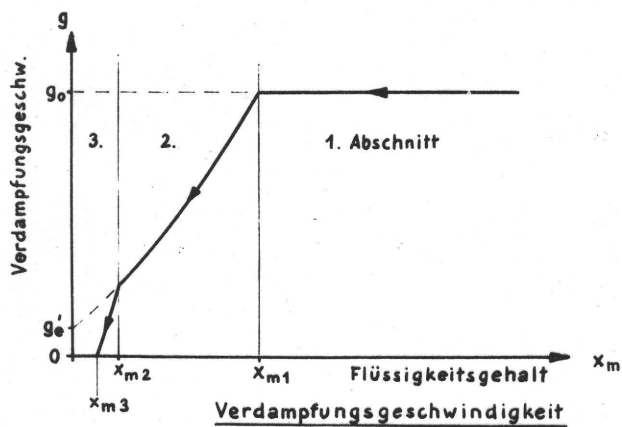
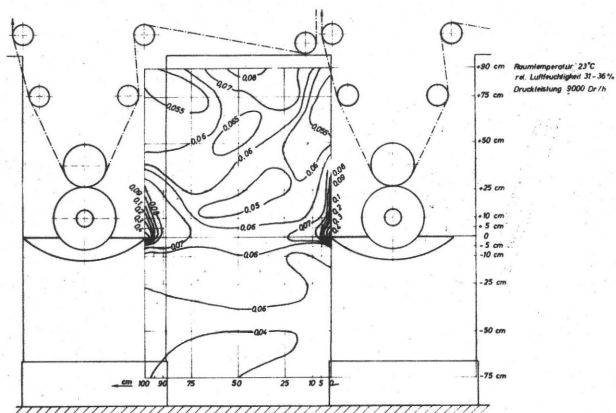


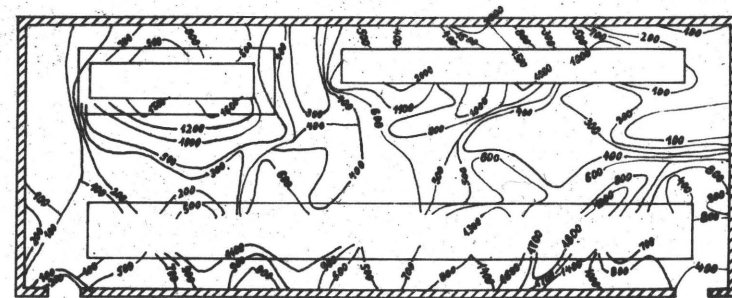
Bild 9



Konzentrationskurven in 10⁻⁴ bezogen auf Toluol
1 kg% = 10⁻⁴ cm³ Toluol/m³ Luft

Konzentrationsverteilung zwischen
zwei Druckwerken

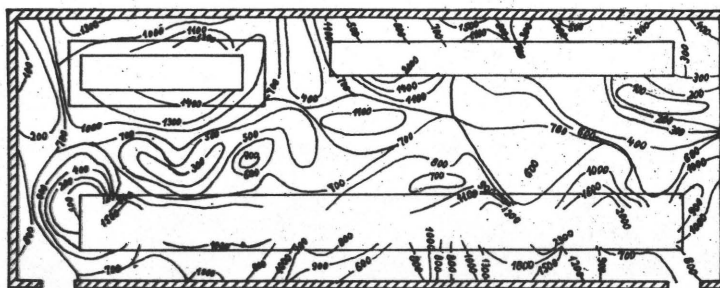
Bild 10



Angaben in ppm Toluol
Höhe 0,1m

Raumluftuntersuchung

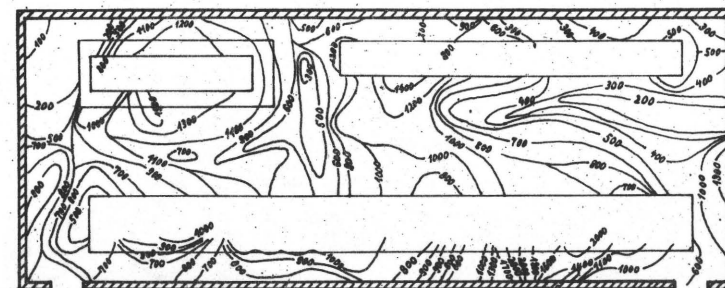
Bild 11 a



Angaben in ppm Toluol
Höhe 1,5 m

Raumluftuntersuchung

Bild 11 b



Angaben in ppm Toluol
Höhe 2,5m

Raumluftuntersuchung

Bild 11 c